



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 197 51 504 A 1**

(51) Int. Cl. 6:  
**B 21 D 7/02**  
B 21 D 7/12  
F 15 B 21/00  
F 15 B 11/02  
F 15 B 15/14  
F 15 B 13/043

(21) Aktenzeichen: 197 51 504.5  
(22) Anmeldetag: 21. 11. 97  
(43) Offenlegungstag: 23. 7. 98

(66) Innere Priorität:  
296 20 391.2 25. 11. 96

(72) Erfinder:  
Erfinder wird später genannt werden

(71) Anmelder:  
Stärk, Lieselotte, 99887 Georgenthal, DE; Stärk,  
Rüdiger, 99887 Georgenthal, DE  
  
(74) Vertreter:  
Liedtke, K., Dr.-Ing., Pat.-Anw., 99089 Erfurt

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

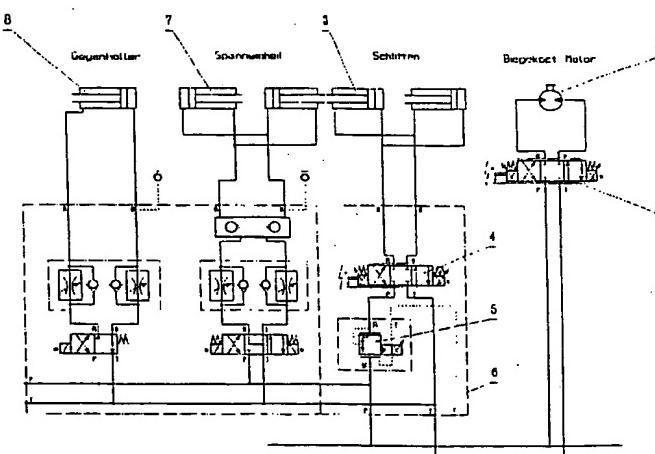
Der Inhalt dieser Schrift weicht von dem am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

(54) Verfahren und Anordnung zur hydraulischen Steuerung für Biegemaschinen

(55) Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Hydrauliksteuerung für Biegemaschinen, die mit Zusatzkräften zum Ausgleich von Zugspannungen beaufschlagt werden, anzugeben, mit der für unterschiedliche Anwendungsfälle die dem jeweiligen Erfordernis angepaßte Bewegungsgeschwindigkeit und der jeweils erforderliche Druck exakt gesteuert werden kann.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß  
- Schlitten und Biegekopf von getrennt steuerbaren Hydraulikzylindern bewegt werden, wobei der Hydraulikzylinder für den Schlittenantrieb von einem lagegeregelten Proportional-Wegeventil mit unsymmetrischem Durchflußverhältnis zur Steuerung von Richtung und Geschwindigkeit der Schlittenzylinder angetrieben wird und  
- durch elektronische Ansteuerung der Ventile der Überdeckungssprung im Bereich der Nulllagen an den Ventilen ausgeglichen wird.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur hydraulischen Steuerung für Biegemaschinen zum Biegen von Rundmaterial.



DE 197 51 504 A 1

DE 197 51 504 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur hydraulischen Steuerung für Biegemaschinen, die zum Biegen von Rundmaterial verwendet werden und bei denen das zu biegende Rundmaterial mit einem Biegekopf verformt und einer Druckkraft in axialer Richtung beaufschlagt wird, wobei die Druckkraft mittels eines in axialer Richtung längsbeweglichen Schlittens auf das Rundmaterial übertragen wird.

Im Stand der Technik ist es bekannt, zum Biegen von Rundmaterial in Form von Rohr oder als Vollmaterial Biegemaschinen zu verwenden, die im allgemeinen einen Biegekopf, eine Spanneinrichtung und einen Gegenhalter aufweisen. Der Biegekopf besitzt ein drehbar gelagertes Segment, das zur Aufnahme von Werkzeugen dient.

Insbesondere zum Biegen von Rohren für die Querstabilisatoren an Kraftfahrzügen ist es erforderlich, diese Rohre mehrfach zu biegen. Zur Vermeidung von Quetschungen an den Biegestellen dieser Rohre ist ein Verfahren bekannt, das beim Biegen das zu biegende Rohr mit einer Druckkraft in axialer Richtung beaufschlagt, so daß die auftretenden Zugspannungen durch zusätzlich aufgebrachte Druckspannungen überlagert und somit ein Ausgleich der Spannungen erfolgt, wodurch das Einknickern der Rohre an den Biegestellen verhindert wird.

Die hydraulische Betätigung derartiger Einrichtungen war bisher nicht möglich, weil die erforderlichen Genauigkeiten zur Steuerung der Kräfte und der Bewegungen nicht erreicht werden konnten.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Hydrauliksteuerung für Biegemaschinen, die mit Zusatzkräften zum Ausgleich von Zugspannungen beaufschlagt werden, anzugeben, mit der für unterschiedliche Anwendungsfälle die dem jeweiligen Erfordernis angepaßte Bewegungsgeschwindigkeit und der jeweils erforderliche Druck exakt gesteuert werden kann.

Erfindungsgemäß gelingt die Lösung der Aufgabe mit einem Verfahren, bei dem

- der Schlitten und der Biegekopf von getrennt steuerbaren Hydraulikzylindern bzw. einem Hydraulikmotor bewegt werden, wobei der Hydraulikzylinder für den Schlittenantrieb von einem lagegeregeltem Proportional-Wegeventil mit unsymmetrischen Durchflußverhältnis zur Steuerung von Richtung und Geschwindigkeit der Schlittenzylinder angerieben wird,
- durch elektronische Ansteuerung der Ventile der Überdeckungssprung im Bereich der Nulllagen an den Ventilen ausgeglichen wird und
- die Regelung des Weges, der Geschwindigkeit und der Schlittenkraft für den Schlittenzylinder unabhängig voneinander erfolgt.

Die erfundungsgemäße Anordnung entsteht dadurch, daß der Schlitten und der Biegekopf von getrennt steuerbaren Hydraulikzylindern bzw. Hydraulikmotoren bewegt werden, wobei der Hydraulikzylinder für den Schlittenantrieb von einem lagegeregeltem Proportional-Wegeventil mit unsymmetrischen Durchflußverhältnis zur Steuerung von Richtung und Geschwindigkeit der Schlittenzylinder angerieben wird,

- daß das Proportional-Wegeventil zusammen mit einem Proportional-Druckreduzierventil auf einem gemeinsamen Steuerblock angeordnet sind und
- daß die Ventile zur Steuerung des Schlittenantriebes, das Druckreduzierventil sowie das Ventil zur Steue-

rung der Hydraulikzylinder bzw. der Hydraulikmotoren des Biegekopfes von einer zentralen Elektroniksteuerung angesteuert werden, in der für das jeweils zu bearbeitende Biegeteil die für den Biegeprozeß erforderlichen Geschwindigkeits- und Kräftevorgaben gespeichert sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfundungsgemäßen Verfahrens und der erfundungsgemäßen Anordnung sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispieles näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigt

Fig. 1 ein Blockschaltbild für eine Ausführungsform der Hydrauliksteuerung und

Fig. 2 ein Blockschaltbild für eine Steuerungsausführung, bei der die Zugspannungskompensation vollständig auf das Proportionalwegeventil verlagert ist.

Die erfundungsgemäße Steuerung ist an einem mechanischen System einer Biegemaschine angeordnet, welche die bekannten Einrichtungen Biegekopf 1, Spanneinrichtung 7 und Gegenhalter 8 beinhaltet. Der Biegekopf 1 weist ein drehbar gelagertes Segment auf, das zur Aufnahme von Werkzeugen in üblicher Weise dient. Das zu biegende Material, das ein Rohr oder Vollmaterial sein kann, wird mit Hilfe von hydraulischen Zylindern gespannt. Bei dem an sich bekannten Rohrbiegeverfahren werden Abflachungen der zu biegenden Rohre in der Biegung dadurch vermieden, daß in das zu biegende Rohr axiale Druckkräfte eingeleitet werden, welche den durch das Biegen entstehenden Zugkräften überlagert werden, und die damit ein Abquetschen der Rohre verhindern.

Hierzu ist der Biegekopf so mit dem Schlitten verbunden, daß die beim Biegevorgang entstehenden Längsbewegungen frei ausgeführt werden können, die für die Anwendung des Verfahrens erforderlichen Druckkräfte jedoch zusätzlich auf das zu biegende Rohr aufgebracht werden können.

Erfundungsgemäß wird der das zu biegende Rohr aufnehmende Schlitten von einem Schlittenzylinder 3 oder einem Schlittenzylinderpaar bewegt, der von einem geregelten Proportional-Wegeventil 4 mit unsymmetrischen Durchflußverhältnis gesteuert wird. Das Wegeventil 4 ist gemeinsam mit einem Proportional-Druckreduzierventil 5 auf einem gemeinsamen Steuerblock 6 angeordnet. Dadurch können sehr kurze Leitungswege realisiert werden, so daß die Wirkung des Proportional-Druckreduzierventils 5 durch kurze direkte Leitungsverbindungen verlustarm gehalten wird und damit durch die proportional einstellbare Druckhöhe in den Schlittenzylindern 3 die zur Betätigung der Biegevorrichtung erforderliche Kraft in der erforderlichen Größe und Richtung vorhanden ist.

Da die den jeweiligen Rohrdimensionen entsprechenden Kompensationskräfte in Abhängigkeit von der Festigkeit des Rohrwerkstoffes, von dessen Durchmesser und Wandstärke, sowie von der aktuellen Umformgeschwindigkeit veränderlich gewählt werden, verfügt die erfundungsgemäße Steuerung über eine freie Einstellbarkeit dieser Parameter. Hierzu werden ausschließlich analog und kontinuierlich arbeitende Ventile verwendet. Die Ventile sind dabei so angeordnet, daß eine gegenseitige Beeinflussung vermieden wird und gleichzeitig eine frei wählbare Zuordnung eines jeden Antriebsparameters gewährleistet ist.

Zur Vermeidung diskontinuierlicher Stell- und Regelvorgänge im Bereich der Nulllagen der Ventile 2 und 4 sind spezielle elektronische Verstärker vorgesehen, mit denen die den Proportional-Wegeventilen eigenen Überdeckungen in der Nulllage durch Veränderungen des Kennlinienverlaufes korrigiert werden können. Diese Verstärker sind außerdem

so ausgestaltet, daß bei der Ansteuerung der hydraulischen Zylinder das Kolbenflächenverhältnis bei den jeweiligen Verstärkungsfaktoren zugeordnet ist. Dadurch wird erreicht, daß die Regelvorgänge in beiden Bewegungsrichtungen mit der maximal möglichen Verstärkung erfolgen können.

Die Anordnung des Proportional-Druckreduzierventils 5 ist so gestaltet, daß die Versorgung des Systems dem zur Energieübertragung erforderlichen Druckstrom von einer zentralen, druckgeregelten Pumpe auf einem gleichen Druckpotential erfolgen kann.

Zur Auswahl der Arbeitsdrücke bei Werkstücken unterschiedlicher Abmessungen und damit unterschiedlichen Kraftbedarfs ist eine druckgeregelte Pumpe mit einer elektronischen Fernverstellung ausgestattet. Hierdurch wird die Zuordnung geeigneter Werte für den Arbeitsdruck zu den individuellen Produktanforderungen ermöglicht.

Besonders vorteilhaft ist dabei, daß diese Anordnung eine softwaremäßige Ablage, deren Verwaltung und den softwaremäßigen Zugriff auf diese Daten ermöglicht.

Die erfindungsgemäße Steuerung ermöglicht es, daß die sich aus den kinematischen Verhältnissen unter Berücksichtigung der Zugspannungskompensationsbedingungen ergebenden mechanischen Anforderungen für einen exakten, kontinuierlich ausführbaren Biegevorgang sicher und mit einfachen Mitteln erreicht werden.

Dies gelingt hierbei dadurch, daß die Schlittenzylinder sowohl in ihrer Bewegungsgeschwindigkeit, als auch im kinematischen Ablauf gemäß den sich aus dem Erfordernis der Zugspannungskompensation ergebenden Bedingungen unabhängig voneinander steuerbar gemacht werden.

Dies wird dadurch erreicht, daß insbesondere durch die unsymmetrische Bauform des Proportionalwegeventils 4 ein Durchflußverhalten erreicht wird, bei dem bei voller Öffnung dieses Ventils dessen Einfluß auf die Druckveränderungen des Proportional-Druckreduzierventils 5 vernachlässigbar klein wird und hierdurch ein rein druckregelndes Verhalten entsteht, das voll zur Spannungskompensation verwendet werden kann.

Weitere Möglichkeiten bestehen darin, daß die Wirkung von Proportionalwegeventilen 4 mit unsymmetrischen Durchflußverhältnis entweder dadurch erreicht werden, daß eine Durchflußseite des Ventils 4 in ihrem Querschnitten verringert wird, oder dadurch, daß Proportionalwegeventile mit einer größeren Anzahl von gesteuerten Leitungswegen zur Anwendung gelangen. Eine derartige Ausführungsform ist in Fig. 2 dargestellt. Diese Anordnung ist insbesondere für größere Geschwindigkeitswerte von Bedeutung.

Die Steuerkantengeometrie der verwendeten Proportionalwegeventile 4 kann zur besseren dynamischen Optimierung des Antriebes auch ohne Überdeckung, also mit einer sogenannten "Null-Überdeckung" ausgeführt werden.

Hierdurch verringern sich die Stellzeiten der Ventilelemente und die elektronische Korrektur des Kennlinienverlaufs erübrigts sich.

Die Ruhelage des Schlittenzylinders bzw. Schlittenzylinderpaars 4 wird mit dieser Ausführungsvariante mit Hilfe eines elektronischen Wegmeßsystems überwacht und eingeregelt.

Bei der Verwendung von Proportionalwegeventilen 4 mit "Null-Überdeckung" ist es auch möglich die Zugspannungskompensation vollständig auf das Proportionalwegeventil zu verlagern.

Zweck der Anordnung ist bei Zugspannungskompensation die Erzeugung einer definierten, der Zugspannung entgegengerichteten Kraftkomponente.

Bei der Bestimmung des für die Größe dieser Kraft resultierenden Druckes ist noch zu berücksichtigen, daß auf dem Weg der Ausbreitung dieses Druckes unter dynamischen

Verhältnissen Störgrößen, wie z. B. Reibung und Druckabfälle im Leitungssystem vorhanden sind.

Die Einbeziehung dieser Fehlerquellen und damit auch deren möglichst direkter Ausgleich innerhalb der Steuerung 5 der Zugspannungskompensation wird durch eine Anordnung erreicht, bei der elektrische Druckmeßaufnehmer 9 und 10 in den beiden druckbeaufschlagten Räumen der Schlittenzylindern 3 angeordnet sind.

Das Proportionalwegeventil 4 wird während der Kompressionsphase der Zugspannung elektronisch so gesteuert, daß sich der von der Druckseite "P" des Proportionalwegeventils 4 über dessen Steuerkanten wirkende Druck so auf die beiden Seiten des Schlittenzylinders 3 verteilt, daß eine Differenzkraft F entsteht, die gleich der gewünschten Kompressionskraft zur Zugspannungskompensation ist.

Die stetig ablaufende Regelung ermöglicht weiterhin, daß während des Biegevorganges eine Veränderung der Kompressionskraft in Abhängigkeit vom Biegewinkel vorgenommen werden kann.

Der Zugspannungsanteil in der Biegezone wird durch Einleitung der Kompensationskräfte, die durch das Zylinderpaar aufgebracht werden, ausgeglichen. Im Werkstück herrschen in der Biegezone bei idealer Kompensation nur noch Druckspannungen, die vom Werkstück verträglich aufgenommen werden. Die Zylinderkraft sollte daher immer der erforderlichen Kompensationskraft entsprechen, so daß gilt

$$F_{\text{zyl}} = F_{\text{komp}, \text{erforderlich}}$$

30 Da die Einleitung der Kompensationskraft über die Einspannstelle des Rohres am Biegekopf erfolgt, bewegt sich während des Biegevorganges dieser Punkt auf einer Kreisbahn.

35 Zur Vermeidung unerwünschter Nebeneffekte beim Biegen großer Biegewinkel (z. B. Biegewinkel  $>90^\circ$  oder  $<180^\circ$ ), wie z. B. das Entstehen neuer Biegemomente aus dem verschobenen Kraftangriff und damit auch das Abheben des Rohres aus dem Werkzeug, kann bei derart großen Biegewinkeln die Kompensation nicht voll erreicht werden. In Abhängigkeit des fortschreitenden Biegewinkels wird die Kompensation stetig verringert.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur hydraulischen Steuerung für Biegemaschinen, die zum Biegen von Rundmaterial verwendet werden und bei denen das zu biegende Rundmaterial mit einem Biegekopf verformt und mit einer Druckkraft in axialer Richtung beaufschlagt wird, wobei die Druckkraft mittels eines in axialer Richtung längsbeweglichen Schlittens auf das Rundmaterial übertragen wird, dadurch gekennzeichnet,

- daß der Schlitten und der Biegekopf von getrennt steuerbaren Hydraulikzylindern bzw. einem Hydraulikmotor bewegt werden, wobei der Hydraulikzylinder für den Schlittenantrieb von einem lagegeregeltem Proportional-Wegeventil (4) mit unsymmetrischen Durchflußverhältnis zur Steuerung von Richtung und Geschwindigkeit der Schlittenzylinder (3) angetrieben wird,
- daß durch elektronische Ansteuerung der Ventile der Überdeckungssprung im Bereich der Nulllagen an den Ventilen ausgeglichen wird und
- daß die Regelung des Weges, der Geschwindigkeit und der Schlittenkraft für den Schlittenzylinder (3) unabhängig voneinander erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-

net, daß die unabhängige Regelung zur Steuerung von Richtung und Geschwindigkeit der Schlittenzylinder (3) dadurch erreicht wird, daß ein Proportional-Wegeventil (4) und ein Druckreduzierventil (5) hintereinander angeordnet sind, wobei das Proportional-Wegeventil (4) dann wirksam ist, wenn das Druckreduzierventil (5) voll geöffnet ist und das Druckreduzierventil (5) dann wirksam wird, wenn das Proportional-Wegeventil (4) voll geöffnet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine unsymmetrische Durchflußmenge am Proportional-Wegeventil (4) mit einem 6/3-Wegeventil bewirkt wird, wobei 2 Leitungen parallel geschaltet sind.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Schlittenzylinder (3) mit Hilfe von Drucksensoren der Druck gemessen und durch Einwirken auf das Proportional-Wegeventil (4) die nach außen erzeugte Kraft unter Berücksichtigung vorhandener Fremdkräfte konstant gehalten wird.

5. Anordnung zur hydraulischen Steuerung für Biegemaschinen, die zum Biegen von Rundmaterial verwendet werden und bei denen das zu biegende Rundmaterial mit einem Biegekopf verformt und mit einer Druckkraft in axialer Richtung beaufschlagt wird, wobei die Druckkraft mittels eines in axialer Richtung längsbeweglichen Schlittens auf das Rundmaterial übertragen wird, dadurch gekennzeichnet,

- daß zur Bewegung des Schlittens und des Biegekopfs getrennt steuerbare Hydraulikzylinder und/oder Hydraulikmotoren angeordnet sind, wobei der Hydraulikzylinder für den Schlittenantrieb von einem lagegeregeltem Proportional-Wegeventil (4) mit unsymmetrischen Durchflußverhältnis zur Steuerung von Richtung und Geschwindigkeit der Schlittenzylinder angetrieben wird,
- daß das Proportional-Wegeventil zusammen mit einem Proportional-Druckreduzierventil auf einem gemeinsamen Steuerblock angeordnet sind und

- daß die Ventile zur Steuerung des Schlittenantriebes, das Druckreduzierventil sowie das Ventil zur Steuerung der Hydraulikzylinder bzw. des Hydraulikmotors des Biegekopfes von einer zentralen Elektroniksteuerung angesteuert werden, in der für das jeweils zu bearbeitende Biegeteil die für den Biegeprozeß erforderlichen Geschwindigkeits- und Kräftevorgaben gespeichert sind.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ansteuerung der Ventile zusätzlich ein elektronischer Verstärker angeordnet ist, mit dem die im Bereich der Nulllagen an den Ventilen auftretenden Überdeckungen korrigiert werden.

7. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Überdeckungen im Bereich der Nulllagen an den Ventilen von der zentralen Steuerung korrigiert werden.

8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe des zusätzlichen elektronischen Verstärkers das Kolbenflächenverhältnis der Hydraulikkolben den Verstärkungsfaktoren richtungsabhängig zugeordnet wird.

9. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Kolbenflächenverhältnis der Hydraulikkolben den Verstärkungsfaktoren von der zentralen Steuerung richtungsabhängig zugeordnet wird.

10. Anordnung nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Versorgung der Steuerung mit dem zur Energieübertragung erforderlichen Druckstrom durch eine zentrale, druckgeregelte Pumpe auf einem konstanten Druckpotential gehalten wird.

11. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das lagegeregelte Proportional-Wegeventil (4) zur Steuerung des Schlittenantriebes zwei parallelgeschaltete Hydraulikzylinder steuert.

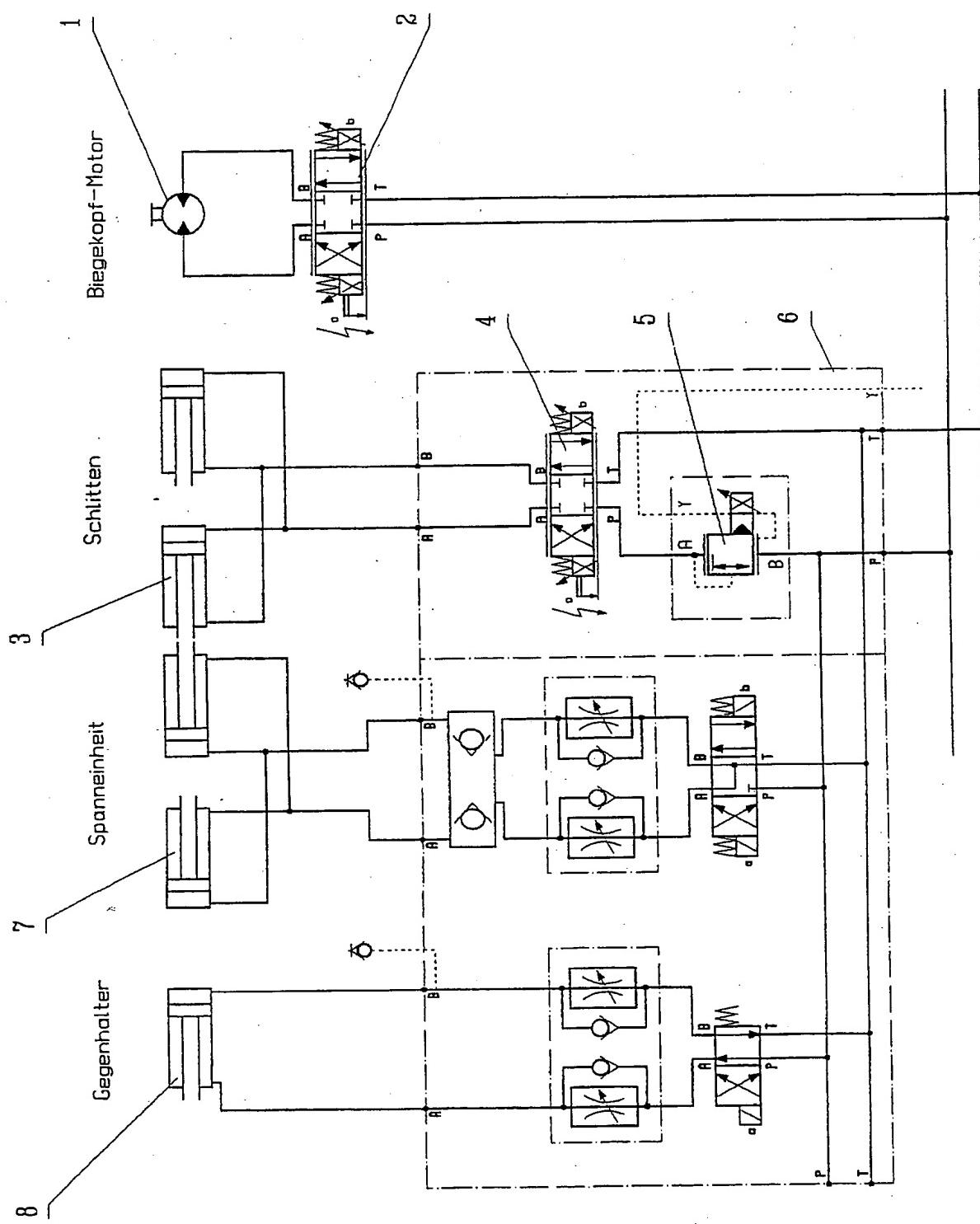
12. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hydraulikanordnung auf einem gemeinsamen Hydraulikblock angeordnet ist, der in der Nähe der Steuerzylinder angebracht ist.

13. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Proportional-Wegeventil (4) ein 6/3-Wegeventil verwendet wird, wobei zwei parallel geschaltete Leitungen innerhalb dieses Ventils den zum oder vom Kolbenboden des Hydraulikzylinders für den Schlittenantrieb fließenden Ölstrom steuern.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---



Figur 1

Figur 2

